

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 科學教育與人文社會科學歐洲神經科學研究訪問 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2517-S-004-002-  
執行期間：98年07月01日至98年08月31日  
執行單位：國立政治大學心理學系

計畫主持人：顏乃欣

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 28 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
期中進度報告

科學教育與人文社會科學歐洲神經科學研究訪問

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2517-S-004-002

執行期間：98年 7月 01日至 98年 8月 31日

計畫主持人：顏乃欣

共同主持人：

計畫參與人員：李佳穎、郭文瑞、曾世杰、楊志堅、劉嘉茹

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份  出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：國立政治大學心理系

中華民國 98年 10月 1日

## 目錄

一、緣起.....	1
二、訪問目標.....	2
三、訪問團成員.....	2
李佳穎    中央研究院語言學研究所 .....	2
郭文瑞    國立陽明大學神經科學研究所.....	3
曾世杰    國立台東大學特殊教育學系 .....	3
楊志堅    國立台中教育大學教育測驗統計研究所.....	3
劉嘉茹    高雄師範大學科學教育學系 .....	4
顏乃欣    國立政治大學心理學系 .....	4
四、參訪行程.....	4
五、參訪紀要.....	5
(一) 英國劍橋大學 (Cambridge University) 教育神經學研究中心 (Centre for Neuroscience in Education) .....	5
(二) 英國劍橋大學 (Cambridge University) 生理、發展與神經科學系 (Department of Physiology, Development & Neuroscience) .....	9
(三) 英國倫敦大學 (University College London, UCL) 認知神經科學研究中心 (Institute of Cognitive Neuroscience, ICN) .....	13
(四) 德國柏林自由大學 (Free University) Dahlem Institute for Neuroimaging of Emotion (D. I. N. E.) .....	23
(五) 德國柏林 Max Planck 研究院人類發展所 (Max Planck Institutes for Human Development) 生涯心理學中心 (Center for Lifespan Psychology) .....	26

(六) 德國萊比錫 Max Planck 研究院人類認知與腦科學所 (Max Planck Institutes for for Human Cognitive & Brain Sciences ) 神經心理學系 (Department of Neuropsychology) .....	29
(七) 德國萊比錫 Max Planck 研究院人類認知與腦科學所 (Max Planck Institutes for for Human Cognitive & Brain Sciences ) 心理學系 (Department of Psychology) .....	32
(八) 法國巴黎 NeuroSpin 之 INSERM-CEA 認知神經影像中心 (INSERM-CEA Cognitive Neuroimaging Unit) .....	43
六、心得、建議與成果.....	45
(一) 參訪心得.....	45
1. 跨領域合作.....	46
2. 神經科學之為用 .....	47
(二)對於國內認知神經科學發展的建議 .....	51
1. 如何整合並促成跨領域研究.....	51
2. 如何促成神經科學的應用研究.....	53
(三)國際合作與交流之具體成果 .....	55



# 科學教育與人文社會科學歐洲神經科學研究訪問

## 一、緣起

教育神經科學（Educational Neuroscience）與神經經濟學（Neuroeconomics）為近年來國際學術界相當熱門的新興研究領域。許多國際領導級的大學與研究機構，紛紛在近幾年成立研究中心並挹注大量資源與經費。例如：英國劍橋大學在 2003 年成立的「神經科學與教育研究中心」（The Center for Neuroscience in Education）、美國哈佛大學成立的「心智、大腦與教育研究所」（Graduate Program for Mind, Brain and Education; MBE）等等。分析這些議題如雨後春筍般興起的主要原因，一是大腦科學在過去十年間迅速發展並累積了豐富的研究成果，使得許多人文與社會學科，例如：教育與經濟領域，的研究者們，逐漸開始注意到人類學習與經濟行為背後的神經生理機制。此外，基礎研究的實務應用層面近年來亦愈發受到大家的重視。如何將大腦科學的知識應用在教育現場之上，亦為神經科學家與心理學家所日漸重視。

我國近年來積極追求「學術卓越」，對於國際學術界的脈動與未來發展之趨勢，自然不可忽視。綜觀目前國內研究領域，無論在教育、經濟以及神經科學和心理學等領域上皆有相當優秀的研究人才與團隊。然而，如何促成各領域之間的整合，共同趕上國際學術研究界所重視的議題與研究取向，是我們所該積極思考的問題。

他山之石，可以攻錯。歐、美各國在教育神經科學與神經經濟學領域所曾歷經的嘗試與努力、目前已累積的成果，以及未來發展的方向等等，皆值得我國借鏡。有鑑於此，本計畫透過參訪英、法、德三國共 7 個兼具代表性與指標性的研究機構，吸取這些團隊過去所累積的經驗，以做為我國未來推動教育神經科學與神經經濟學之參考。此外，也期望藉由此次訪問，促成與這些國際知名研究團隊的實質交流與合作。

## 二、訪問目標

(一) 瞭解各參訪機構(中心)推動教育神經科學與神經經濟學的過去發展、現況與未來趨勢。

(二) 建立未來國際學術交流合作之平台，並邀請此二領域重要學者來台交流訪問。

## 三、訪問團成員

本次訪問團成員共有六人。團長為國立政治大學心理學系教授顏乃欣，其他五位團員包括國立台中教育大學教育測驗統計研究所教授楊志堅、國立台東大學特殊教育學系教授曾世杰、國立高雄師範大學科學教育研究所副教授劉嘉茹、中央研究院語言學研究所副研究員李佳穎以及國立陽明大學神經科學研究所助理教授郭文瑞。團隊成員之背景介紹如下(依姓氏筆畫順序排列)：

### 李佳穎      中央研究院語言學研究所

李佳穎副研究員主要研究領域為漢字詞之辨識歷程的模型及其與大腦之關連。他是國內事件關連電位(Event-Related Potentials; ERP)研究的佼佼者。他目前已累積多篇關於中文閱讀神經機制及閱讀發展的論文發表於國際重要學術期刊，也曾榮獲中研院年輕學者研究獎。他近年來的研究取向除原本神經語言學的相關議題之外，也逐漸拓展至與臨床教育的整合，例如：利用ERP進行嬰幼兒語音知覺發展的追蹤，並探討這些相關能力與語言與閱讀發展的關係，期望能將這方面的發現應用在語言遲緩與閱讀障礙的早期療育上。此次參訪行程中與教育神經科學語言處理議題有關的研究機構，即與李佳穎的研究有密切的關係。

**郭文瑞**                   **國立陽明大學神經科學研究所**

郭文瑞助理教授主要研究領域為中文字處理歷程以及其相關的大腦迴路。他是國內以功能性核磁共振（fMRI）研究認知領域的專家，也是漢字處理研究議題的佼佼者。郭文瑞助理教授目前已有多篇關於教育神經科學的論文發表於國際重要研究期刊，與台大經濟系的團隊合作所進行的神經經濟學研究有豐碩成果（有一篇論文已於今年四月刊登於 Science 期刊）。此次訪問行程中無論教育神經科學還是神經經濟學的研究機構，都與郭文瑞的目前研究關係密切。

**曾世杰**                   **國立台東大學特殊教育學系**

曾世杰教授主要研究興趣為中文閱讀之聲韻覺識、命名速度和工作記憶等的相關歷程，以及中文閱讀障礙及其補救教學。曾教授近年的研究焦點著重偏遠地區弱勢兒童的閱讀補救教學。本次參訪行程中與閱讀歷程、閱讀障礙研究有關的機構（如 Cambridge Center for Neuroscience in Education）都與曾教授目前及未來的研究有密切關係。

**楊志堅**                   **國立台中教育大學教育測驗統計研究所**

楊志堅教授的研究專長為測驗統計與教育評量。他過去在其專長領域已經累積豐富的期刊論文發表。近年來楊志堅教授積極投入教育神經科學領域，其目前在執行之國科會研究計畫即為一探討小學階段概念型及程序型數學之認知神經之縱貫研究（三年期計畫）。此次參訪行程教育神經科學的眾多研究機構，都與楊志堅教授的研究有關。



**劉嘉茹**                    **高雄師範大學科學教育學系**

劉嘉茹副教授的研究專長為科學教育、認知科學與科學學習、科學思考與過程。他近年執行的國科會計畫包括以腦神經訊號探討科學創造力的組成要素，心像在科學概念學習歷程中扮演角色的探討，以及視覺空間與表徵對科學學習心像形成之影響。此次參訪行程教育神經科學的眾多研究機構，都與劉嘉茹副教授的研究有關。

**顏乃欣**                    **國立政治大學心理學系**

顏乃欣教授主要研究領域為神經經濟學、眼動與閱讀、情緒對於學習與決策判斷之影響。他在近幾年積極投入神經經濟學以及教育神經科學的研究與推廣工作，不但協助政治大學成立了「心智、大腦與學習研究中心」，並加入經濟系「實驗經濟學實驗室」之運作，和經濟學、神經科學的學者們共同進行神經經濟學之研究；更擔任國科會「認知神經科學跨領域研究人才培育案」之計畫主持人。此次行程中教育神經科學的各個機構，以及神經經濟學的「Max Planck 人類發展機構」等都和顏乃欣教授目前的研究工作有密切的關係。

#### **四、參訪行程**

本次參訪行程如下：

日期	參訪單位
98 年 08 月 19 日	Centre for Neuroscience in Education, Cambridge University

98 年 08 月 20 日	Department of Physiology, Development and Neuroscience, Cambridge University
98 年 08 月 21 日	Institute of Cognitive Neuroscience, University College London
98 年 08 月 24 日	“Languages of Emotion” Cluster of Excellence Dahlem Institute for Neuroimaging of Emotion (D. I. N. E.) Center for Lifespan Psychology, Max Planck Institute for Human Development
98 年 08 月 25 日	Department of Neuropsychology, Max Planck Institute for Human Cognitive & Brain Sciences Department of Psychology, Max Planck Institute for Human Cognitive & Brain Sciences
98 年 08 月 27 日	INSER-CEA Cognitive Neuroimaging Unit

## 五、參訪紀要

### (一) 英國劍橋大學 (Cambridge University) 教育神經學研究中心 (Centre for Neuroscience in Education)

劍橋大學的教育神經學研究中心 (Centre for Neuroscience in Education) 為歐洲 MBE 研究之重鎮，主持人為 Professor Usha Goswami 教授與 Dr. Dénes Szücs，其主任 Professor Usha Goswami 更是國際 MBE 研究之領導人物。該中心旨在應用先進的認知神經科學研究，瞭解大腦在閱讀與數學這兩項基本的認知能力所扮演的角色。中心目前所執行的計畫眾多 (6 個)，主要包含閱讀障礙、語言障礙、算術障礙與類比學習等議題。多數研究的議題圍繞在學習閱讀或數學的發展上，需要哪些大腦的功能來支撐，而隨著發展，又有哪些變化。從認知神經的角度，如何解釋閱讀或算術障礙 (dyslexia and dyscalculia)，對於早期療育或者教育上，又如何提出可行的方法。當日詳細行程如下：

## Schedule

10:00 Room GS2

Denes: EEG lab tour/CNE facilities (Sonia will be conducting an EEG experiment with Clare Killikelly for the Analogy project - interruptable for explanation of task and procedure if required).

10:30 Room GS1

Meet Dr. Usha Goswami and her colleagues

Usha talk: Overview of CNE Research

11:00 Talks by Martina (MRC dyslexia project);

Yi-Fang (dyscalculia);

Sharon (Chinese dyslexia)

Dr. Chia-Ying Lee : The mapping consistency between Chinese orthography and phonology in learning to reading

Dr. Shih-Jay Tzeng

13:00 Lunch at Homerton Buttery

14:00 Campus tour (guided by H-L. Sharon Wang)

Dinner with H-L. Sharon Wang and other Taiwanese students in Cambridge

我們一行人約 10:00 抵達研究中心，首先與 Dr. Dénes Szücs 見面，參觀該中心的 ERP 與 fNIRS 實驗室。Dr. Dénes Szücs 是一位認知神經科學家，主要使用行為與各種大腦的研究工具，如 EEG/ERP, near-infrared functional imaging (fNIRS) 與 functional magnetic resonance imaging (fMRI) 等研究工具，探討數字處理的神經機制與發展性數學障礙的議題。該中心的腦波實驗室使用的是 EGI 系統，與我國訪問成員中的楊志堅教授實驗室採用相同機型。實驗室中一共有兩套 EGI，實驗室外面接待家長與小朋友的區域，有許多貼心的設計，例如牆上的電視可即時顯示實驗室內的實驗過程，小朋友的狀態，書報雜誌，舒服的沙發，參與實驗的小朋友照片等，讓實驗室的親和力大為提高，非常值得我們學習。



圖 1-1：Dr. Dénes Szücs 的學生為我們示範與講解 ERP 的 mismatch negativity paradigm，該實驗室內備有兩間 ERP 的實驗空間，以及一套 near-infrared functional imaging (fNIRS)



圖 1-2：外頭的家長等候區可隨時觀看小朋友在實驗室裡的情況

短暫的實驗室參觀之後，我們便與 Professor Usha Goswami 見面，並親自為我們說明該實驗室的研究重點。Professor Usha Goswami 的研究以探討語音知覺與閱讀發展的關係著稱。早年提出 phonological grain size theory. 從跨語言的研究中，找到學齡前的語音知覺與語音表徵的建立，以及在學習閱讀的過程中，如何建立語音表徵與字型表徵之對應關係，是整個閱讀習得的核心。不同語言及其文字系統因其形音對應的一致程度不一，因為在獲得個對應關係的語音表徵單位大小，以及何時能掌握形音對應關係，雖有差異，但這

個架構可用來解釋各語言的閱讀習得歷程。Goswami 教授早年的證據，主要建立在行為的研究上，例如語音區辨，音韻覺識，跨語言的形音對應一致性與發展的關連，字形的鄰項大小如何影響形音對應之掌握等。而近年來，則進一步使用 ERP 與 fMRI 等技術，探討這些現象的神經機制。接下來的兩組報告中，皆與 rise time 在語音知覺中的角色，閱讀障礙與一般孩童對 rise time 覺知能力的差異，以及利用 MMN (mismatch negativity) 反應這項能力的可能性，並追蹤這項指標的在不同年齡的發展趨勢。這系列研究其實與訪問成員李佳穎目前執行中的研究，包括利用 ERP 與 MMN 探討中文的形音對應一致性，閱讀障礙與一般孩童以及嬰幼兒，學齡前兒童(4-6 歲)對中文聲調，子音，母音之區辨能力的發展變化，有異曲同工之妙，當場也交換了研究心得。Goswami 教授的一位台灣學生，在我們返國之後，立即申請成為中研院語言所之訪問學員，自 2009 年 10 月起在語言所的大腦與語言實驗室訪問半年的時間，預定就雙方進行中的中文閱讀障礙在 rise time 的行為區辨以及其他語音單位的腦波研究進行一些關連研究，這是此次參訪目前立即的訪問成果。另外值得一提的是，Goswami 教授 2008 在 Nature 上發表的著作：The mental wealth of nations 與 Mind, Brain, and Literacy: Biomarkers as Usable Knowledge for Education。闡述認知神經科學對於教育與國家社會福利，臨床等方面可能的貢獻，以及政府，民間，與學界如何共同促成這樣的整合，非常值得國內學者與政府部門借鏡。



圖 1-3：團員與 Professor Usha Goswami 在該中心前合影

## **(二) 英國劍橋大學 (Cambridge University) 生理、發展與神經科學系 (Department of Physiology, Development & Neuroscience)**

英國劍橋大學「生理、發展與神經科學系」，近年來由解剖學系(Department of Anatomy)與生理系(Department of Physiology)合併而成，目前共有 46 位專任師資，包含許多不同的研究群。我們這次參訪的是其中與神經經濟學有關的研究者與實驗室，包括了 Dr. Roger Carpenter，其研究為探討眼動之決策；Professor Wolfram Schultz 實驗室中之 Dr. Philippe Tobler 與 Dr. Martin O'Neill，他們的研究整合了神經藥理學、單神經元記錄技術 (Single Neuron Recording)、腦造影技術 (neuroimaging) 以及行為實驗，共同探討籌賞行為 (rewarding)、目標導向行為 (goal-directed behaviors) 的神經生理機制；Dr. Angela Roberts 則利用猴子探討認知與情緒之神經生理機制。當日詳細行程如下：

### Schedule

09:00 – 09.30 Arrival, presentation of “Neuroeconomics in Taiwan” by Nai-Shing Yen (*Anatomy Building, Room 78*)

09.30-10.20 – Meeting with Roger Carpenter (*Physiology Building, J Floor, Room J 1-2*)

10.20-11.00 – Meeting with Martin O-Neill (*Room 218, 2<sup>nd</sup> Floor, Anatomy Building*)

11.00-11.40 – Meeting with Philippe Tobler (*Anatomy Building, Room 82*)

11.40-12.15 – Meeting with Professor Bill Harris (*Anatomy Building, Room 82*)

12:30 - Lunch with the faculty members

14:00-15.30 - Meeting with Dr. Angela Roberts (*Innes Building, Madingley Road*)

生理、發展與神經科學系之系主任 Professor Bill Harris，親自帶領相關研究人員對我們熱情接待。為了和對方做雙向溝通，本團顏乃欣教授先介紹了台灣神經經濟學之發展現況，接著即參訪各個教授之實驗室。Dr. Roger Carpenter 之眼動實驗室並不寬敞，其眼動儀為友人依其需求自製，非常輕巧，但能有效紀錄眼球震顫之時間(saccadic latency)，Dr. Roger Carpenter 以此探討神經決策機制，並發展出神經計算模式，描述眼動之決策。Professor Wolfram Schutz 實驗室，則主要以猴子單一細胞記錄(single-cell recording)方式進行研究，他們提出多巴胺(dopamine)系統和酬賞(reward)、預期錯誤(prediction error)等關聯性的研究結果名聞全球，近年來更擴展其研究範疇，以 fMRI 探討人之酬賞行為之神經機制。我們參觀了好幾個猴子實驗室，其管控相當森嚴，在空間不足之劍橋校區算是佔用了相當大的空間。據其博士後研究員說明，約需二年左右的時間來建置並學習進行猴子單一細胞記錄之實驗，顯示 primate 實驗室之建立、運作、維護與學習確實不易。

Dr. Angela Roberts 的實驗室，亦以猴子為主，由神經生理、神經藥物、腦造影等技術，探討認知與情緒對決策的影響。他特別關注前額葉(prefrontal cortex)之功能，並探討多巴胺(dopamine)系統和血清素(serotonin)系統扮演的角色。他們的研究顯示，由行為與大腦層次的研究，可以進一步與基因以及神經藥物（傳導物質的不同系統，例如多巴胺，血清素）的神經機轉進一步結合。過去利用 fMRI 看到大腦有關決策的區位，其實在同一

區域裡頭不同的神經傳導物質，還主宰了不同的增強或回饋行為。Dr. Angela Roberts 帶領旗下博士後研究員及研究生和我們進行座談，說明其研究架構，由典型的認知行為作業，操控影響情緒之相關內外因素，進而探索到個別差異與基因機制扮演之角色，充分展現其對問題抽絲剝繭、逐步探究之思路，讓大家獲益匪淺。雖然 Dr. Angela Roberts 和顏乃欣教授研究對象不同，但二者關心之議題卻類似，因此二人有相當熱烈的互動，並保持 email 聯繫與討論。

劍橋大學進行神經科學相關研究的研究者非常多，但卻分散在各個系所。他們在 2007 年進行整合，打造 Cambridge Neuroscience，分成 Developmental neuroscience, Cellular and Molecular neuroscience, Systems and Computational neuroscience, Cognitive and Behavioral neuroscience, 以及 Clinical and Veterinary neuroscience，並在各議題上進行整合，積極拓展合作研究。這個整合資源、鼓勵合作的趨勢，非常值得我們學習。



圖 2-1：Dr. Roger Carpenter 說明其研究





圖 2-2：午餐時間的熱烈討論



圖 2-3：顏乃欣教授與 Professor Bill Harris 合影



圖 2-4：團員與 Dr. Angela Roberts 及其實驗室成員合影

### (三)英國倫敦大學 (University College London, UCL) 認知神經科學研究中心(Institute of Cognitive Neuroscience,ICN)

倫敦大學「認知神經科學研究中心」是英國認知神經科學研究的重鎮。這是一個以科技整合為導向的研究所及研究單位，以了解心智與腦的關係為共同興趣，整合了包含有心理學、神經學以及腦解剖學等不同學科。ICN-UCL 是一個成熟的研究機構，每年都有穩定的研究成果及期刊文章發表，研究人員也都能順利爭取到充分的研究經費，支持研究的各項實驗室工具及腦造影技術也都行之有年，所以是一個完善的、足以為學習對象的研究機構。

探究 ICN-UCL 的發展過程可以發現，ICN 緊鄰著 Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, 也就是早期的 Functional Imaging Laboratory (FIL)，FIL 在國際上享有在腦造影領域的盛名已經將近 20 年，ICN 與 FIL 之間具有密切的合作關係。FIL 具有完整的腦造影設備，例如 PET、fMRI、MEG 等等，更重要的是，FIL 擁有完整的團隊，負責這些生醫影像及資料分析的應用程式發展，例如 statistical parametric map (SPM) 軟體，而且這些應

用軟體已經佔據造影領域內 50% 以上的使用比例，這是一個驚人的成就，也是一個不容忽視的勢力，因應於研究工具軟硬體的優勢，他們更可以強化及加速落實所有具有啟發性及創造性的研究想法，以實徵證據來檢驗、修正、進而再創造合理可行的研究想法，避免流於徒具形式的口水研究。所以，在具有強勢的造影資料分析工具及方法學發展團隊的奧援下，ICN 得以快速竄起、發展，幾乎多數的 ICN 主要研究人員(PI)也是 FIL 的團隊成員之一，兩邊形成生命共同體，一起相互支援，待初期的研究環境穩定，再進一步追求研究領域的精緻化，延續並創造兩邊的雙贏。



圖 3-1：FIL 之 MEG 實驗室



圖 3-2：團員和 FIL 實驗室管理人員合影

ICN 有超過 120 位的專職研究人員，根據研究領域可清楚區分具有不同研究目標的 16 個研究群：Action and Body Group, Attention Group, Attention and cognitive control group, Awareness Group, Cognitive Electrophysiology Group, Cognitive Neurology Group, Clinical Neurophysiology and Memory Group, Cognitive Neuropsychiatry, Developmental Group, Executive Functions Group, Motor Control Group, Numeracy and Literacy Group, Social Perception Group, Space and Memory Group, Speech Communication Group, Visual Cognition Group。每個研究群包含有 3-8 不等人數的研究人員，而且 ICN 內部定期排有 seminar，所以成員不僅有組內的討論對象，不同組別的成員也有對話的機會。這是一個很重要的機制，因為透過多方、詳盡地討論，可以刺激不同的想法，加上目前 ICN 有這麼多成員，涵蓋這許多不同領域，所能醞釀的可能性是無窮的，這應該也是成就 ICN 的重要因素之一。或者有人會質疑，一個研究所分這麼多不同的研究群，不會有重疊性嗎？有必要嗎？例如 Action and Body Group 與 Motor Control Group，Attention and cognitive control group 與 Executive Functions Group，彼此間不都是大同小異的區分而已？但仔細探究其研究的方向

及目標，其實是有不同，以 Action and Body Group 與 Motor Control Group 為例，以下分列其研究取向及目的。

### **Action and Body Group:**

Our research investigates cognitive aspects of two sensorimotor processes that underlie all human behaviour. These are the control of voluntary action and the experience we have of our own body. Research on voluntary action focuses on understanding the relation between the brain activity in the frontal and parietal lobes that precedes movements, and the conscious experience of controlling our own movements. A key question is whether conscious intentions are an immediate consequence of preparation for action in the frontal lobes, or a retrospective mental justification to explain actions that we have just made. Studies of body perception focus on the body as a multimodal object: we perceive our bodies in two distinct ways. Vision gives us information about our body as a volumetric object in external space, while proprioception and touch give us information "from the inside". Our research focuses on how these sources of information are combined to give a coherent bodily self. We use a range of experimental methods including psychophysics, TMS, ERP and brain imaging to investigate these questions."

### **Motor Control Group:**

We are still not able to build robotic devices that can match the efficiency and grace with which our brain produces skilled movements. The complexity of our bodies, the noise inherent in our muscles, and the unpredictable and ever-changing nature of the environment make motor control one of the hardest computational problems that the brain faces. What are the principles that underlie the production of coordinated movements? How are skilled movements learned? Which brain areas are involved? How does the brain compensate after damage to

these areas? In the motor control lab, we are using robotic devices to investigate human arm and hand movements. By simulating novel objects or dynamic environments we can study how the brain recalibrates old motor skills or acquires new ones. We develop computational models to understand the processes underlying control and learning. These insights are used to design fMRI studies to investigate how these processes map onto the brain. To do this, we have developed a number of novel techniques of how to study motor control in the MRI environment, and how to analyze MRI data of the human cerebellum. Finally, we study patients with stroke or neurological disease to further determine how the brain manages to control the body. After all - that is what the brain "does".

由這兩個例子的說明，我們不難看出他們是有很精緻的(subtle)區分的，前者強調說明的是與動作有關的心智表徵及心理模型/式，後者著重在腦結構及腦可塑性的理解與腦-機介面的建立，兩者可為同中求異，各有各的價值及重要性。相同的生理行為或現象，也因為對它們的研究的取向及看法的不同及多樣性(diversity)，造就了許許多多的有趣研究的發展，擴增我們對大腦及心智的見解。

ICN 的眾多研究群中，我們訪問的是與 MBE 有關的數學與語言 (Numeracy & Literacy)、心理與語言科學(Psychology and Language Sciences)、發展 (Developmental)、社會知覺 (Social Perception) 以及執行功能 (Executive Function) 有關的研究人員。其中，「數學與語言」研究群的主要負責人 Brian Butterworth，為 MBE 領域相當重要的人物。他同時也是 OECD「腦科學與教育」計畫在數學領域的主要研究成員。當日詳細行程如下：

### Schedule

13:00 Arrival, greeting and brief overview of ICN  
Professor Neil Burgess, Deputy ICN Director

- 13:15 Tour of BUCNI or FIL facilities  
Dr. Iroise Dumontheil, *Developmental Group*
- 13:45 Seminar by Dr. Iroise Dumontheil,  
“Development of social cognition and executive functions during adolescence”
- 14:30 Seminar by Dr. Brad Duchaine, *Social Perception Group*  
“Understanding social perception via deficits and disruptions”
- 15:15 Seminar by Dr. Alice Jones, Division of *Psychology and Language Sciences*,  
“The Neuroscience of the Callous-Unemotional Subtype of Conduct Problems”
- 16:00 Seminar by Dr. Sam Gilbert, *Executive Functions Group*  
“Social and non-social functions of human frontal lobes”
- 16:45 Seminar by Professor Brian Butterworth, *Numeracy and Literacy Group*,  
“Neuroscience and Maths Education”

這幾位研究人員以其研究專長做簡介及討論，以下並列其簡介題目及個人的研究興趣。

**13:00 Professor Neil Burgess, Deputy Director**

Topic: “Overview of ICN and a short visit to FIL’s MRI and MEG labs”

ICN 的主任 Professor Jon Driver 由於正在度假，由其代理主任 Professor Neil Burgess 負責接待，介紹 ICN 的發展與現況。在後續的討論中，亦對日後和台灣的研究者或研究生有進一步的交流表達支持之意。至於 Professor Neil Burgess 本人的研究興趣為記憶。

*Research interest:*

1. Investigation of the role of the hippocampus in spatial navigation and episodic memory: computational modelling and electrophysiological analysis of the function of hippocampal neurons in the rat, functional imaging of human navigation, and neuropsychological experiments on spatial and episodic memory.

2. Investigation of human short-term memory for serial order: computational modelling, functional imaging and psychological experiment.



圖 3-3：Professor Neil Burgess 和顏乃欣教授對談

**13:15 Dr. Iroise Dumontheil, Developmental Group**

Topic: “Development of social cognition and executive functions during adolescence”

*Research interest:*

Cognitive neuroscience of executive functions, particularly the role played by rostral prefrontal cortex, or Brodmann area 10, in cognitive control, as well as in social cognition. Behavioural, functional neuroimaging and developmental approaches.

**14:30 Dr. Brad Duchaine, Social Perception Group**

Topic: “Understanding social perception via deficits and disruptions”

*Research interest:*



Visual social perception with a focus on faces and prosopagnosia. Face detection, face perception, face memory, the development of face perception, genetics of face and object perception.

**15:15 Dr. Alice Jones, Division of Psychology and Language Sciences**

Topic: “The Neuroscience of the Callous-Unemotional Subtype of Conduct Problems”

*Research interest:*

My main areas of interest are empathy and social information processing in children with antisocial behaviour, with and without callous-unemotional traits, as well as children with autistic spectrum disorders. I am currently working on a study investigating the specific profiles of affective and cognitive empathy in these different populations of children.

**16:00 Dr. Sam Gilbert, Executive Functions Group**

Topic: “Social and non-social functions of human frontal lobes”

*Research interest:*

Cognitive neuroscience of executive functions, particularly the cognitive and anatomical bases of multitasking (e.g. task switching, dual-task performance, prospective memory), and their relationship with social cognition. Behavioural, computational modelling, functional neuroimaging and neuropsychological approaches.

**16:45 Professor Brian Butterworth, Numeracy and Literacy Group**

Topic: “Neuroscience and Maths Education”

*Research interest:*

Cognitive psychology and neuropsychology of numbers and arithmetic. Neural network models of reading and arithmetic. Reading and acquired dyslexia in English, Japanese and Chinese.

FIL 之 MRI 及 MEG 實驗室的參訪給了我們很深刻的印象。不管是哪一種儀器，他們都配有專門的技術人員負責管理及操作，研究上讓研究人員可以得到最大的協助及心靈上的空間，不用太擔心硬體上的協助資源不足，只要擁有基本的/基礎的硬體相關知識即可，可以花更大的心力於研究的創造上。這一點和台灣的很多研究環境不同，台灣的研究環境常常是不友善的。FIL 的運作方式以及和其他單位的研究合作方式，是非常值得我們學習的。

全程中，所有的講者都鉅細靡遺地介紹他們的專長研究，是一趟不可多得的研究訪問。其中 Dr. Brad Duchaine 和 Dr. Sam Gilbert 的演講相當有趣，前者描述人臉的處理歷程以及腦中所特化的處理人臉機制，這歷程與機制與情緒的處理是可以獨立的，顯示有不同類別訊息處理的模組性。後者則針對大腦前額葉的特定腦區，也就是 BA10 做探討，這個區域占據最晚成熟腦結構(前額葉)許多的空間，位在大腦的最前端(anterior)，功能上與控制或轉換於各項作業之間的能力有關，建立理論假設來研究(gateway hypothesis)，他們更細分於不同作業要求之間的轉換，有些是由內而外的自發性質很高，有些則是因應外在刺激或線索的提示，這兩方面分由 BA10 的不同部位來負責，lateral site 負責後者，ventral site 負責前者。

與本次參訪主題最有關係的是 Professor Brian Butterworth 有關數學教育與神經科學的演講。他開宗明義地說明腦神經科學與數學教育的關係，並由 fMRI、算術障礙的病人 (dyscalculia)、rTMS 以及基因研究，探討數學學習的腦神經機制。他進一步由其研究，發

展了診斷算術障礙兒童的作業(dyscalculia screener)，以及給予協助的方法(dyscalculia guidance)，並持續檢視其有效性。由此可見，Professor Brian Butterworth 所進行有關 numeracy 的基礎與神經生理研究，已經與教育緊密結合，發展到訓練的遊戲軟體，跟基層教師合作進行數學障礙的介入研究，並更進一步瞭解介入前後的大腦活動改變，展現了神經科學實質應用於教育的極佳典範。後續討論中，他更闡述了各方面資源的可被整合情形，也與多位團員有很熱絡的互動，熱烈的討論持續達 1 小時之久。Professor Brian Butterworth 表達了極高來台訪問的意願，願意提供其心得與建議，並發展跨文化之合作研究。我們期待和他日後之進一步的合作發展。



圖 3-5：團員和 Professor Brian Butterworth 熱烈討論



圖 3-6：團員和 Professor Brian Butterworth 合影

**(四) 德國柏林自由大學(Free University) Dahlem Institute for Neuroimaging of Emotion (D. I. N. E.)**

柏林自由大學(Free University) 之 Dahlem Institute for Neuroimaging of Emotion (D. I. N. E.)是 2008 年新成立的研究中心，其主要研究議題為情緒的語言(Language of Emotion)，探討情緒與使用符號間的關係。當日該中心之創立主任 Professor Arthur Jacobs 與管理主任 Dr. Günter Schmidt-Gess 共同接待我們，先由管理主任 Dr. Günter Schmidt-Gess 說明中心成立過程，再由創立主任 Professor Arthur Jacobs 帶領參觀實驗室並進行進一步的討論。詳細行程如下：

Schedule

10:00 Address of welcome

10:15 Introduction of the Cluster of Excellence "Languages of Emotion" by managing director Dr. Günter Schmidt-Gess

10.30 Visit of the Dahlem Institute for Neuroimaging of Emotion D.I.N.E. Guided lab-tour with the founding director Prof. Arthur Jacobs

12:00 End of visit

德國為了促進其大學之頂尖研究，聯邦政府於 2005 年成立追求卓越(The Excellence Initiative)之計畫，在 2006 至 2012 五年期間，提撥 19 億歐元之經費，打造頂尖大學、增進卓越研究。在德國國科會(German Science Foundation and Science Council)的評估下，有九所大學被選為頂尖大學。自由大學以其打造 International Network University 的未來發展策略、四個優異的研究學院以及兩個卓越計畫(excellence clusters)，成為九所頂尖大學之一。在全部 280 個送審計畫中，共有 37 個計畫脫穎而出成為卓越計畫，而有關人文與社會科學領域的研究計劃只有 6 個，自由大學的情緒的語言(Language of Emotion,LoE)即為其中一個計畫。

LoE 為一跨領域之研究計畫，結合人文社會與神經科學等共 25 個領域的學者、9 個學校或研究單位共同合作參與，由情緒與語言的關係(emotion and language)、情緒與藝術(emotion and art)、情緒能力(emotional competence)以及情緒之文化影響(cultural codes of emotion)四個角度加以探討，共有 45 個子計畫，600 萬歐元之經費。為了探討語言、認知與情緒的關係，D. I. N. E.在一年之內，建立了 6 個實驗室，包括了 EMOSCAN (3T MRI)、BRAINWAVELAB(5 套 EEG)、EYELAB(3 套眼動儀)、MAGSTIMLAB(TMS)、NIRSLAB(fNIRS)及 SIMLAB(電腦模擬實驗室)，目前已展開運作，開始收集資料。其如何集結人文與神經科學的學者進行討論，產生研究議題；如何在短短一年之內加蓋房舍，完成 3T MRI、EEG、fNIRS、TMS 的建置與運作，都值得我們參考學習。Professor Arthur Jacobs 提及，由邀集研究學者，交換意見、進行討論，到產生具體研究議題、書寫計畫，總共花費約二年時間，跨領域溝通之不易，可見一斑。而他們有一位專業經理人 Dr. Günter Schmidt-Gess，負責整體運作與計劃管理，亦可能是他們能如此有效率之原因之一。



圖 4-1：左為 D.I.N.E.的 TMS 實驗室，右為 D.I.N.E.的 EEG 實驗室



圖 4-2：D.I.N.E.眼動儀實驗室





圖 4-3：團員與 Professor Arthur Jacobs 和 Dr. Günter Schmidt-Gess 合影

#### （五）德國柏林 Max Planck 研究院人類發展所（Max Planck Institutes for Human Development）生涯心理學中心（Center for Lifespan Psychology）

德國 Max Planck Institutes 為德國學術研究之重鎮，有超過 13000 位專職研究人員，2008 年的經費即有 17.2 億歐元。其中柏林的「人類發展所」成立於 1963 年，關心全人教育的議題，著重跨領域之研究，共有 175 位研究員，四個研究中心，我們這次主要參訪「生涯心理學中心」。該中心研究主軸為與生涯發展有關的行為與生理議題，中心主任 Professor Ulman Lindengerger 正值休假期間，由代理主任李淑珍博士負責接待。李淑珍博士為「生涯心理學中心」的資深研究員，近年來在國際及我國學術社群都相當活躍。他早期的研究偏向神經計算（neuro-computational）的取向，研究生涯發展的相關議題。近期的研究則主要著重在神經經濟學之相關議題。當日詳細行程如下：

#### Schedule

12.15 welcome meeting with Shu-Chen Li (room 149)  
12.30 - 14.10 lunch (restaurant Michelangelo)  
14.15 - 14.30 Center Intro (Shu-Chen Li) (small conference hall)  
14.30 - 15.00 The Bright Side of Val (Lea Krugel)  
15.00 - 15.30 Neural Mechanisms of Lifespan Age Differences in Episodic Memory Formation: Separating Associative and Strategic Components (Yee Lee Shing)  
15.30 - 16.00 Lifespan Development of Neural Correlates of Conflict Monitoring (Dorothea Hämmerer)  
16.00 - 16.30 Lab tour (Susanne Passow)

在豐盛的午餐之後，李淑珍博士先為我們介紹了 Max Planck Institutes、「人類發展所」及「生涯心理學中心」的發展與現況，接著帶領其博士後研究人員與博士生，分享目前正在進行的一些研究。Lea Krugel 的研究，以不同 genotype 受試，檢視其在決策作業上的表現，是否受預期錯誤(prediction error)的影響，顯現出和預期錯誤相關之 fMRI 位置活動量的關聯性，並進一步檢驗由增強學習模式(reinforcement learning model)估計出來的學習參數(learning rate)，是否亦會隨之變化。其所研究之議題與研究方法，皆是目前神經經濟學最熱門的。Yee Lee Shing 則由發展的角度，探討不同年齡的受試，影響其情節記憶(episodic memory)表現的因素是否不同。他假設兒童之困難在於策略之不足，反應在前額葉的晚熟；而老人之困難不僅在於策略之不足，亦有連結學習的困難，前者反應在前額葉，後者反應在 medial temporal lobe 的退化。Dorothea Hämmerer 則由發展的角度，檢視不同年齡的受試，對後果監控(outcome monitoring)的表現。研究者給與受試決策作業，不僅量測電生理反應，並由增強學習模式估計其敏感(sensitivity)參數，反應其對逃避失去(loss aversion)的程度。研究結果顯示，小孩和老人較傾向逃避失去。李淑珍博士將目前熱門的神經經濟學議題與研究方法，和發展議題掛勾，開拓出一條有趣的研究議題。之後我們還參觀了李淑珍博士的 EEG 實驗室，其設計在許多小地方都頗有巧思，例如：掛置電



極帽的架子，電極帽烘乾機，實驗室與控制室的空間規劃；另外，還可以同時量測互有交流之二人的腦電波，這些都是值得我們學習之處。



圖 5-1：電極帽烘乾機及電極帽置帽架



圖 5-2：EEG 實驗室之控制室



圖 5-3：團員與 Dr. Shu-Chen Li 合影

**(六) 德國萊比錫 Max Planck 研究院人類認知與腦科學所 (Max Planck Institutes for for Human Cognitive & Brain Sciences ) 神經心理學系 ( Department of Neuropsychology )**

Max Planck 人類認知與腦科學所的神經心理學系，其研究主軸為語言。他們目前主要的研究主題為 (1) 語言習得的神經認知基礎 (Neurocognition of Language Acquisition) 與 (2) 語言處理的神經認知基礎 (Neurocognition of Language Processing)。該中心的研究旨在瞭解大腦如何處理語言的各種組成，例如語音，語意，語法等，以及這些模組之間如何相互支持或整合。除了傳統的行為研究之外，也採用各項新興的工具，如 MEG, EEG, MRI 等。以瞭解大腦在習得語音，語意，與語法的過程中，是如何發展與變化的。該中心的主持人 Angela D. Friederici 同時具有語言學與神經心理學的背景，早期以 ERP 與 fMRI 進行語言與音樂的語法的研究為主。近年來，除了一般成人為研究對象之外，也建立嬰幼

兒的腦波實驗室，進行語言習得的研究。其系列 ERP 研究發現，新生兒在第一年可逐漸習得其母語所使用的特定語音以及重音變化，一年之後，逐漸習得語意，而到兩歲半之後，才有清楚的神經生理指標看到對語法錯誤的反應。這些神經生理的指標，除了在基礎研究上，提供語言習得的理論基礎，也可發展成為未來早期療育的評估指標。當日詳細行程如下：

### Schedule

- 10:30 Dr. Antje Holländer-Niven *Welcoming remarks*  
Entrance Hall/Conference Room 2nd Floor, Room A210
- 11:00 Dr. Michiru Makuuchi  
*"Segregating the core computational faculty of human language from working memory"*  
Conference Room 2nd Floor, Room A210
- 12:00 Dr. Manuela Macedonia  
*"Gestures enhance foreign language learning"*  
Conference Room 2nd Floor, Room A210
- 13:00 Lunch with Dr. Claudia Männel
- 13:30 Dr. Claudia Männel  
*Guided tour through Baby Lab, Department of Neuropsychology*

我們一行人約上午 10:00 左右抵達該中心，之後，由 Dr. Antje Holländer-Niven 為我們簡介中心的歷史與研究重點，接下來，由多位研究者跟我們分享各種不同議題的研究。例如 Dr. Michiru Makuuchi 利用 fMRI，同時操弄句法結構的複雜性(structural complexity)以及句法分析中的主詞與所屬動詞的距離來表示工作記憶負荷，試圖看這兩類的工作記憶在左額下葉是否有分離的現象。Dr. Manuela Macedonia 原本是位教第二外語的老師，在無意中發現在學外語詞彙的同時，假如讓學生同時做某些特定的姿勢或動作，可以增進外語詞彙的習得。因而進入這個領域，目前以 fMRI 探討這個現象的神經基礎。之後，我們與 Dr. Friederici 的博士後研究員 Dr. Claudia Männel 共進午餐。Dr. Männel 的專長為利用事件誘

發電位進行嬰幼兒的語言習得的研究。他帶領我們參觀嬰兒腦波實驗室的設備，並展示進行相關研究的程序，以及分享他們進行嬰幼兒腦波研究的經驗。基本上，這裡多數的設施，進行的程序，都與目前在中研院的大腦與語言實驗室相仿，分享了失敗率，一般取樣標準等經驗之後，其實發現目前在台灣進行的程序還算成熟，實驗成功率也不差。這裡的實驗室也有許多值得我們借鏡的地方，例如，為了讓小小孩更容易接受以及進入實驗的程序，實驗室設有許多親善的遊戲空間，在解說實驗室，有個布娃娃當成準受試者，示範戴上電極帽，打導電膠等過程，以利用“布娃娃可以，妳也可以”的心理，讓孩子更容易接受實驗。

另外值得一提的是他們取得受試者資料的方法。在該機構的嬰幼兒研究通過 IRB 之後，送市政府核可，市政府就會根據他們所需要的嬰幼兒年齡，例如 9-12 個月，從資料庫中找到該地區所有相符的嬰幼兒名單，家長姓名與聯絡方式。接下來，研究者就可以寄發研究說明與同意書給這些家庭，等收到回函之後，就有受試者資料庫的專門助理根據實驗室需要的時間，安排嬰幼兒過來參與實驗。因此，研究者只要有確定的實驗構想，大約三個月內就可以完成一個研究。顯見在該地區建立非常好的政府，民間，與學術單位之間的互信互助，也是支撐這個地方成為該領域研究龍頭的要素之一。這是非常令我們羨慕的地方。



圖 6-1：用布娃娃示範帶電極帽與實驗程序



圖 6-2：Baby ERP lab 外的換尿布台以及內部的陳設

**(七) 德國萊比錫 Max Planck 研究院人類認知與腦科學所 (Max Planck Institutes for for Human Cognitive & Brain Sciences ) 心理學系 (Department of Psychology)**

Max Planck 人類認知與腦科學所的心理學系的研究主軸為認知與動作之相關議題，其中共包含有嬰兒認知與動作 (Infant Cognition and Action)、一致性知覺與動作 (Concurrent perception and action)、目標與行動 (Goals and Movement) 等六大研究群。本次主要參訪該學系中與教育發展相關的「嬰兒認知與動作」研究群，當日下午詳細參訪行程及記錄如下。

**Schedule**

14:30 Dr. Roman Liepelt

*Guided tour through Behavioral Lab, Department of Psychology*



15:00 Dr. Moritz Daum

*Guided tour through Baby Lab, Department of Psychology*

15:30 ~17:00 Meeting with scientific staff members of the Department of Psychology



圖 7-1：Max Planck 人類認知與腦科學所研究室景觀

於 BabyLab 參訪當日，實驗室的主要負責人 Dr. Moritz Daum 及其他成員皆對於我們的來訪給予極熱情的接待與詳盡的介紹。訪問一開始，教授們首先向我們介紹了 BabyLab 的主要研究特色。BabyLab 屬心理學系之下專責調查「嬰兒認知與行動」的研究單位，旨在於了解嬰兒對行動知覺與控制的認知機制的初期發展，並探究行動知覺及與行動控制之間的相互作用影響關係。該實驗室使用不同的模型與方法，例如測量注視時間與心率，以分析嬰兒在觀察行動上的模仿能力。實驗室並設有眼動儀追蹤系統(Tobii Eye Tracking system)，用來分析嬰兒對注視行動所產生的仿效行為。因此，綜合教授們的簡介與我們的理解，我們歸納出以下四點 BabyLab 的主要研究重點：

1. 研究嬰兒對其他人的行為理解程度。
2. 分析嬰兒對行動控制的認知並研究它是如何發展而來。

3. 研究在嬰兒的初期發展中，嬰兒認知及行為理解度這兩方面的相互關聯。
4. 研究嬰兒對不同模型研究的選擇性知覺及模仿能力。



圖 7-2：BabyLab 正在進行嬰兒實驗

該實驗室的研究是以共同編碼理論(Common Code Theory)為基礎，特別著重於他人所展現的行動效應(action effects)在嬰兒本身的行動知覺與行動控制上所扮演的角色。因此，BabyLab 的主要實驗特色即在於，他們是透過觀察嬰幼兒的行為，如注視行為或仿效行為，來進行典型數據收集方式，他們稱此為嬰兒習慣模型(habituation paradigm)。

也就是說，對嬰兒持續展示相同的物品或動作時，會減少嬰兒的注意力與興趣，因此嬰兒注視該事物或行動的時間就會減少；反之，假使展示的是新的物品或動作，嬰兒注視該物品或動作的時間就會增加。此注視模型可以用來檢視出，嬰兒所知覺到的何種事物或何種連續行動是不同於嬰兒本身所習慣的。

另一個典型的方式也是測量嬰兒的注視行為，稱為優先注視模型(preferential looking paradigm)。實驗方式是，分別向嬰兒同時或連續展示兩個不同的物品，再分析嬰兒注視

該物品的時間。如果嬰兒注視每個物品的方式有所不同，則此行為可被解讀為，嬰兒已具備可以知覺到物品差異性的能力。第三個實驗法則是嬰兒的模仿行為，稱仿效模型(imitation paradigm)，此實驗中會向嬰兒展示一連串的動作(如：對某物體的操作)，藉以觀察他們是否會比另一組未看見這些動作的嬰兒更易做出相同的連續動作。

BabyLab 的教授們除了實驗室的實地導覽與儀器解說外，還讓團員們實際經歷實驗流程與儀器操作，幫助參訪團員們在聆聽與觀看之餘，更加深對該實驗室的印象與記憶，獲益良多。

教授們針對 BabyLab 中進行嬰兒實驗的一些基本配備及使用方式進行簡介與導覽，基本配備包含腦波實驗空間(EEG Cabin)、腦波電極量測帽(EEG electrode cap)、擴音器(Amplifier)、喇叭(Loudspeaker)以及觀察監視器(Monitor)，除了播放實驗室之前做實驗的記錄影片外，也實地參觀介紹了針對嬰兒腦波實驗所設計佈置的小空間。而在這種以嬰兒為研究對象的實驗過程中，最需要克服的部分在於如何控制並吸引嬰兒的注意力，盡力保持嬰兒處於平靜的狀態，以便讓實驗能順利進行。



圖 7-3：BabyLab 實驗室內部的設備及擺設





圖 7-4：(腦波量測帽, EEG Electrode Cap)

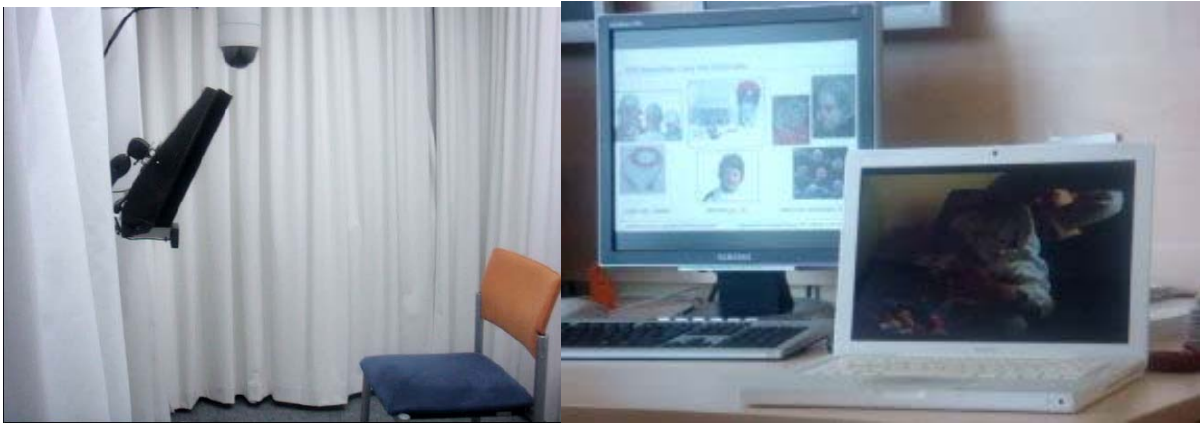


圖 7-5：EEG Cabin 及播放嬰兒腦波實驗影片

Dr. Moritz Daum 接著向我們介紹了在進行嬰兒腦波實驗時的作業流程。BabyLab 包含三部分：

1. 進行實驗之前的前置作業部分，嬰兒與家長會先在接待室(Reception Room)聆聽實驗任務內容說明講解、簽署實驗與資料紀錄同意書、以及適應環境。而由於嬰兒注意力無法持續很久，為求資料準確，每次進行嬰兒實驗的時間都是很短暫的，且可能是幾週才進行一次；

2. 實驗在進行時，嬰兒與家長會一起在實驗的小空間裡，研究員再透過監視系統於控制中心(Controlling Center)裡進行觀測與資料記錄；



圖 7-6：實驗接待室與控制中心



圖 7-7：實驗室相關設備：嬰兒實驗座椅及控制中心監視器

3. 第三部分即進行實驗時，嬰兒與家長所處的實驗小空間(EEG Cabin)，與控制中心是分開的，以避免實驗器材造成嬰兒分心，嬰兒於此空間觀看螢幕進行實驗任務，眼前正上方有一眼動儀監視系統(Eye Tracker system)，將觀察畫面傳送至控制中心進行記錄與分析。

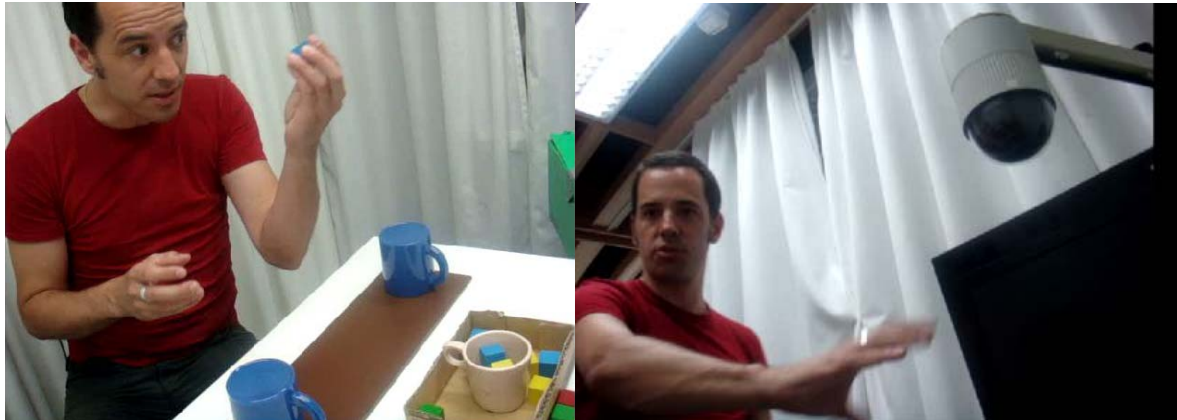


圖 7-8：Dr. Moritz Daum 實際操作 Imitation Task 及展示 Eye Tracker 的使用方式



圖 7-9：Dr. Moritz Daum 實際使用 Eye Tracker 向參訪團員進行實驗操作的介紹

### BabyLab 現階段研究計劃

實驗室教授們除了展示實驗室的研究儀器外，亦詳細解說了目前該實驗室正在進行的研究計劃內容。例如除了 EEG (Electroencephalography) 外，更使用 ERPs (Event-Related Potentials)，針對十四個月大的嬰兒設計事件去進行反應資料收集，實驗活動如下：

1. Picture-Word Mapping and Learning：分別利用相符及不相符的圖片與文字進行實驗；
2. Training Phase (Mixed Presentation of Constant Pairing and Rotated Pairing Conditions)：先讓嬰兒觀看正常的圖片，接著翻轉圖片，觀察嬰兒是否能做出正確判斷。

目前 BabyLab 主要進行中的計劃有三大項，其中不乏與他國研究室之跨國合作，以下我們就 BabyLab 教授們所簡介的研究計劃內容做簡單的歸納整理：

### **計劃一：嬰兒對目標導向行動的知覺(Infants' perception of goal-directed actions)**

BabyLab 此項計劃與布達佩斯匈牙利科學學院的 G. Gergely 博士共同進行合作。實驗方式分為兩種，一種是研究員直接進行實驗操作，另一種則是利用機械道具代替研究員進行操作。

#### Actions performed by a human agent

實驗使用 Woodward-paradigm 去檢視所謂明顯的行動效應(salient action effect) 是否對嬰幼兒的目標導向行動來說是個重要的影響特徵。我們假設嬰兒可能對移動物體的領會及物體操作是熟悉的，因此物體的操作會使得嬰兒在解釋目標物體時會用特殊方式。相反地，假使是嬰兒不熟悉的行動就不太可能會跟目標導向行動有所聯結。實驗結果顯示，行動效應確定在嬰兒自身的行動上扮演了重要的角色。此外，嬰兒能夠分辨物體間的差異化，這也解釋了嬰兒的行動，是具有目標導向的。

#### Actions performed by a mechanical agent

與第一項實驗不同的部分在於這項實驗是利用機械道具代替研究員去進行操作。較小的嬰兒會比較習慣於真人的實際操作，所以我們假設比起使用機械道具(工具或機器)，他們會比較注意真人操作的過程，因為這是他們比較習慣的，而十二個月大的嬰兒就比較能夠意識到機械道具的操作。而實驗結果顯示，在具有行動效應的情況下，十二個月大的嬰兒比起較小的嬰兒，會比較容易注意到機械道具及人類操作互換的這項改變，因為明顯的行動效應會提升嬰兒對目標行動的理解。

## **計劃二：自身與他人行動表現之間的交互作用關係(Interaction between self and other performed actions)**

主要研究嬰兒是否會依據他人的行為，進而判斷自己的行為。意即，嬰兒對他人行動的認知，會影響到他自身的行動認知。首先，是利用相同的模型去探究嬰兒自主行動以及對他人行動的知覺。進行試驗時先採用了不同版本的模型，但研究後發現，這並不適用於較小的嬰兒。因此，轉而使用優先注視法(Preferential Looking Technique)去發展另一個新模型。實驗嬰兒年齡分別是七、九和十一個月，隨機分配到兩個實驗組中的一組。實驗方式為：

1. 讓嬰兒先觀看一個短片，內容是兩位成人(A 與 B)正在玩玩具。A 先對玩具做出一個動作，B 再接著模仿 A 的動作。短片結束後，給嬰兒兩個玩具，一個是與短片中相同的，另一個則是不同的玩具。
2. 在嬰兒的自我情境中，首先提供嬰兒一個玩具，並讓他同時觀看兩個短片。短片中的兩位成人 A 與 B 分別玩著相同及另一個不同的玩具。在兩種情境下，七個月大的嬰兒在看及玩相同的玩具以及另一個不同的玩具時，時間上看不出有什麼差別。也就是說，對七個月大的嬰兒來說，對他人行動的知覺，進而對自身的主動表現產生影響上，這點並不明顯，反之亦然。然而，以九個月及十一個月的嬰兒來說，在對他人行動的知覺這部分，是有受到先前觀看到的行動所影響的(在自我情境中，對相同的玩具，在看及玩的時間較長，但在其他情境中，卻沒有差別)。實驗結果證明，嬰兒在理解他人的行動之後，對自身的行動也會有所知覺。

## **計劃三：行動控制中的行動效應(Action effects in action control)**

在成人的研究方面，有許多證據顯示，成人的選擇性與行動規劃是會受到預期的行動效應所影響，但在嬰兒的研究上，行動效應對嬰兒的行動控制這部分，仍有待進一步探



討。目前計劃主要議題主要在於針對七至十八個月大的嬰兒族群以及各種不同的實驗流程進行探討(如：仿效模型、注視模型)。

### 1. Action effects at the end state of an action sequence

實驗結果顯示，大約十二個月大左右的嬰兒，只會模仿一連串連續動作中的一個。研究先假設嬰兒除了受到他們自身記憶的影響，亦牽涉到 Target Action Sequence (TAS)的作用。在實驗過後，研究結果與先前的文獻相較下，發現 TAS 會導致目標行動表現增加。此發現證實行動效應會影響嬰幼兒的行動控制。

### 2. Action effects following different action steps

本實驗使用三步連續行動(three-step-action sequence)去檢視是否嬰兒會像成人一樣受到行動效應的影響進而控制他們自己的行動，其中第二或第三步驟行動會伴隨著較明顯的行動效應。實驗中使用了仿效模型(Imitation paradigm)，讓十二個月及十八個月大的嬰兒觀看實驗者對玩具熊所做的三步連續行動(第一步：拿起圓筒柱；第二步：搖圓筒柱；第三步：將圓筒柱放回去玩具熊前)。在三個實驗組中，一個沒有聽覺上的行動效應，一個是第二步驟有，一個是第三步驟才有聽覺上的行動效應。在一連續持續試驗下，從嬰兒的目標行動發現，具有聽覺行動效應時，兩組(十二個月及十八個月)嬰兒皆展現較高的模仿力，雖然持續時間並不長。因此，實驗結果顯示嬰兒對自身的行動控制會受到預期的行動效應所影響。

### 分組討論與心得建議

在聽完簡介及說明後，參訪團員對於該實驗室的研究設備及計劃都表示了高度的好奇與研究興趣。在討論時間裡，實驗室成員與參訪團員們分組加入本身所感興趣的主題組別進行討論，除了主動參與及提問外，參訪團員也熱情分享了歷年來曾執行的相關研究計劃進行交流。

此行，除了參訪團員們滿載而歸外，也同時藉此機會讓國外學者認識國內學者目前的研究方向，充份達到互相學習與交流的目的。而由於目前國內對於嬰兒認知學習發展的研究仍有待進一步鑽研，實驗儀器也有加強的空間，希望能藉由此行的 BabyLab 訪問，提升國內嬰兒認知發展研究的深度，也希望能更進一步促成國內與國外實驗室之跨國學術合作交流，使國內外學者能互相學習，以達兼容並蓄之效。訪問結束後，除了感謝 BabyLab 對我們的熱情接待，也歡迎他們有朝一日能到台灣來進行訪問。

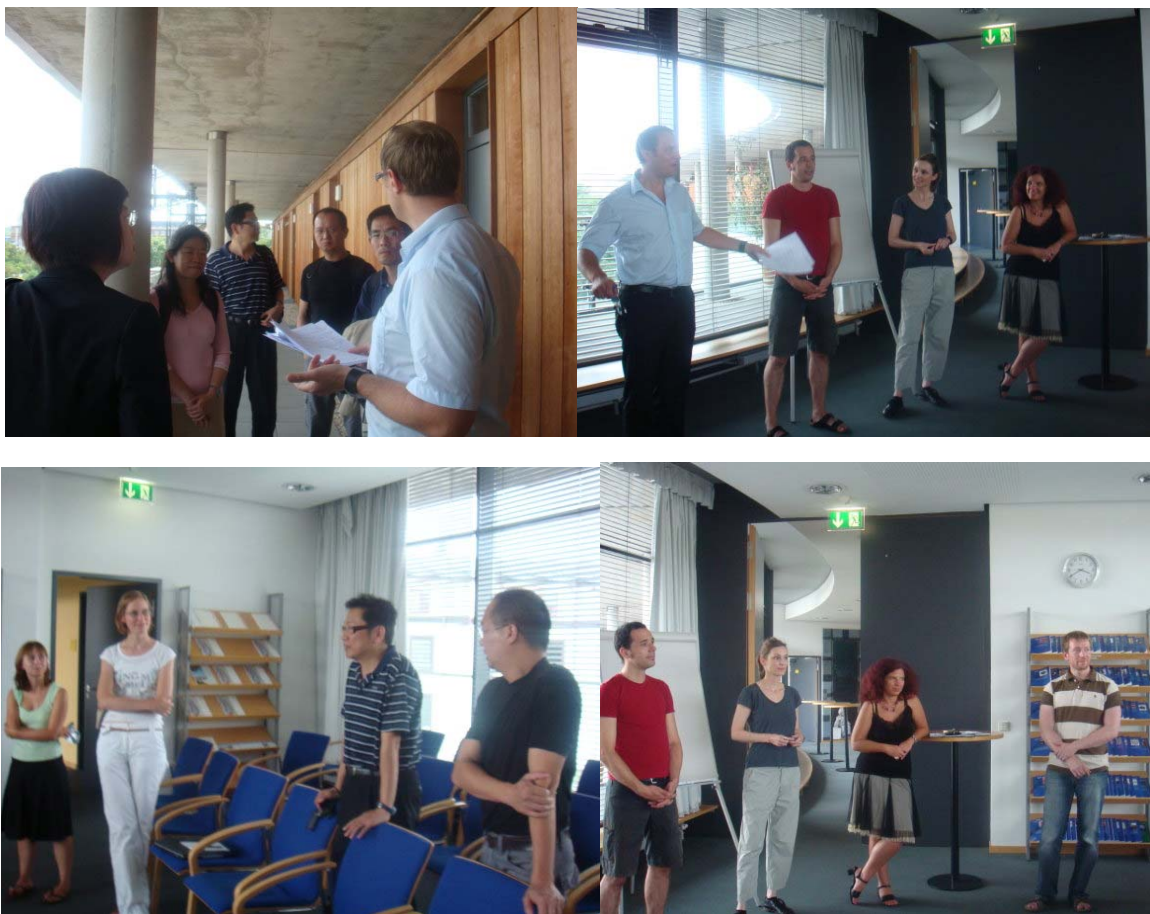


圖 7-10：參訪團員們熱烈參與討論及提問

## (八) 法國巴黎 NeuroSpin 之 INSERM-CEA 認知神經影像中心 (INSERM-CEA Cognitive Neuroimaging Unit)

NeuroSpin 之 INSERM-CEA 認知神經影像中心在法國神經科學界執牛耳地位。而我們所欲訪問的學者：Professor Stanislas Dehaene，更在國際間 MBE 研究以及數學/數字運算研究領域居領導地位。除了 Dehaene 博士關於數學/數字運算的研究之外，INSERM-CEA 認知神經影像中心尚有其他三個研究團隊，分別探討口說語言、發展正常與發展異常、以及腦傷病人之病理與復健等之議題。當日詳細行程如下：

### Schedule

- 11:00 Arrival, visit to NeuroSpin followed by a lunch discussion with Dr. Stanislas Dehaene and G. Dehaene-Lambertz
- 14:00 Francois Leroy
- 14:20 Philippe Pinel
- 14:40 Felipe Pegado
- 15:00 Virginie Van Wassenhove
- 15:20 Caroline Huron
- 15:40 Evelyn Eger

NeuroSpin 成立於 2006 年，是我們參訪單位中規模最大、設備最新穎的影像中心，並為未來之發展做了長遠的規劃，顯現出極強的企圖心。中心目前有 3T MRI 與 7T MRI，預計 2011 年添置 11.7 T MRI，未來還有添購 17.65 T MRI 之規劃，相關空間皆已預留。除了以人類為受試者外，日後亦有做猴子研究的規劃。該中心還有建置 MRI 模擬器(mock magnet)的實驗空間，受試者可以先在模擬器環境中熟悉實驗程序，進行練習，克服不熟悉或陌生環境所帶來的壓力。另外，EEG 與 MEG 亦已建置完成。NeuroSpin 之研究議題橫跨基礎至臨床研究，包括大腦代謝歷程、認知神經科學、臨床及神經學等；更投注了大量人力發展各種分析技術，例如：MEG-MRI 資料之處理。





圖 8-1：NeuroSpin 建築新穎、規模龐大



圖 8-2：上圖左為 MRI 模擬器，右為 MEG 實驗室

INSERM-CEA 認知神經影像中心主任，Professor Stanislas Dehaene，領導認知神經科學的發展，團隊中共有三十幾位研究人員，研究議題包括數字感知(number sense)、計算、閱讀、語言發展與意識歷程等。在數學議題的探討上，Professor Stanislas Dehaene 設計多種和數字有關的作業，以 fMRI 檢視大腦活化區域，提出一個包含非語文數字、語文數字與空間關係的神經網路系統，說明數字處理之神經機制。其研究涵蓋大人與兒童，認為由數字感知到數學直覺(arithmetic intuition)的發展是天生的、全球皆然的，而教育在這過程

中扮演何種角色，值得進一步探討。Professor Stanislas Dehaene 近期研究兒童幾何概念的  
發展，並進行跨文化的研究。他亦希望我們能參與收集台灣的資料，未來郭文瑞將與其進  
行相關的合作。



圖 8-2：左為 Professor Stanislas Dehaene 解說實驗；右為團員們和 Dehaene 夫婦共進午餐

中午 Professor Stanislas Dehaene 的夫人 Dr. Ghislaine Dehaene-Lambertz 加入我們共進  
午餐，暢談她在語言發展方面的研究，並對我們的研究議題由發展角度提出建議。搭配著  
美味的法國大餐，大夥度過了愉快的中午時光。下午 Professor Stanislas Dehaene 安排了六  
位研究人員，進一步解說他們目前正在進行的研究，包括了數字與空間之神經機制、文字  
與數字處理之左腦側化、數字感知之基因基礎、數學教育訓練、以 MEG 探討多重感官知  
覺之統合、文盲研究等多樣性議題，熱烈的討論持續至五點左右，大家才離開 NeuroSpin  
這棟宏偉的建築。

## 六、心得、建議與成果

### (一) 參訪心得

參訪了英、德、法三國的神經科學研究機構之後，我們看到神經科學研究的兩個發展  
趨勢：「跨領域合作」及「神經科學之為用？」

## 1. 跨領域合作

本次參訪主要鎖定在教育神經科學與神經經濟學領域，尤其以教育神經科學為主。教育神經科學之重要研究議題，仍然在讀寫(literacy)、數字( numeracy)、情緒、發展與大腦的關係上。幾位這個領域的重量級學者所領導的研究中心或研究團隊(例如， Usha Goswami、Stanislas Dehaene、Brian Butterworth)，皆同時有進行大腦與閱讀、數字發展之相關研究。他們使用各種先進的儀器技術，包括 fMRI、MEG、EEG、rTMS 以及基因分析，以正常人與閱讀或算術障礙的病人(dyslexia and dyscalculia)進行研究，並做跨文化的比較。

在神經經濟學方面，研究者由心理學、經濟學、生理心理學、神經科學的角度，共同探究決策行為和大腦活動的關係。其重要之研究議題，包含探討價值系統(Value systems)、社會決策(Social decision making)、情緒與決策(Emotion and decision making)與計算神經經濟學(Computational neuroeconomics)等。除了應用各種先進的腦造影技術，包括 fMRI、MEG、EEG、rTMS，以探討正常人與病人與決策相關的大腦部位外，亦有許多研究由神經藥物學的角度探討相關議題，例如，由猴子單一細胞記錄(single-cell recording)方式、或老鼠進行腦部特定部位破壞等方式進行研究。在了解越多神經藥物學在決策歷程中扮演的角色後，近來許多研究者，開始由基因分析找尋不同 genotype 的人之決策差異，相信未來這方面的研究會日益增加。另外，亦有許多學者利用模式符應(model fitting)及電腦模擬技術，找尋行為或神經生理反應與操弄變項間的關係，這個計算神經經濟學的研究方向，也有越來越多的研究者投入。基礎研究的成果，已逐漸被引用進入臨床應用，例如：一些決策作業已成為檢測工具，檢驗精神疾病患者或藥物濫用者之決策行為。

這次參訪研究機構的研究主軸雖各有不同，但在各個研究中心一致展現的是跨學科，跨領域的整合。例如：8月21日參訪倫敦大學認知神經科學中心時，機構的副主任 Professor Burgess 簡介的投影片中，就提到該機構的跨領域合作情形，一共有 14 個

disciplines 的 120 名研究人員組成 16 個研究群。研究人員的背景從遺傳、神經解剖、造影、心理學，一直到經濟、教育及文化人類學都有。即使只看「傳統的」認知神經科學，從方法學、研究工具到研究的主題都需要跨領域的合作，例如，以動物實驗的神經生理學與神經藥物學，探討決策的機制；以傳統的心理學實驗典範，或整合先進的基因與神經影像技術，如 EEG/MEG, fMRI, TMS 等，探討語音知覺，閱讀，數學，注意力，記憶，音樂等認知能力；在應用研究上，Goswami 團隊的文獻回顧指出，閱讀及數學障礙的早期介入，必須有認知神經科學家與教育學家的合作為前提；憂鬱症患者的介入，需要藥物、心理治療與社會支持（如財務規畫顧問）；老年失智的預防與介入，則強調病因了解與終身學習的重要性。亦即，從理論到應用研究，認知神經科學研究的範疇如此廣泛，這讓我們一直在問一個問題：他們如何做到跨領域的對談、合作，進而創造前所未有的研究模式或結果？

所得到的答案，大致是秉持對其他領域的尊重與好奇，增加對談與瞭解，進而經由長期的跨領域溝通以形成研究團隊，以及政府或學術領導單位的政策的號召與支持。這些大原則，聽起來理所當然，但在現實中卻不易實踐。本報告的最後，將從具體可行的做法加以分析，並提出建議，期待能實質增加神經科學跨人文與社會科學領域研究的可能性。

綜合而言，歐洲在神經科學跨人文與社會科學領域的研究相當蓬勃，是我們值得參考的發展趨勢。然而，在多年的神經科學基礎研究的發展之後，我們也看到神經科研朝應用的方向發展，許多研究的終極目標在於增進人們的福祉及人類的永續發展。在這裡，科學不只是滿足研究者的好奇，更有一份對人類社群的基本關懷。

## 2. 神經科學之為用

許多基礎與神經生理研究，已經開始朝著應用方向前進，在教育、健康及社會政策上都開始了有了一些結合的想法。柏林 2009 年九月有一場國際性研討會(Decade of the Mind

的第五年)，主題是「將神經科學轉化為教育、健康與社福政策」(Translating Neuroscience into Education, Health, and Social Policies)。因為閱讀及數學歷程研究在認知科學歷史中的重要角色，最明顯可能的應用，也許是讀寫障礙及數學障礙的早期介入。研究者藉由早期診斷指標與早期介入計畫，改善有各種學習困難的個體，提昇其心智福祉 (mental wellbeing)。例如：Brian Butterworth 進行有關 numeracy 的基礎與神經生理研究，發展了診斷算術障礙兒童的作業，以及訓練的遊戲軟體，跟基層教師合作進行數學障礙的介入研究，並更進一步瞭解介入前後的大腦活動改變，展現了神經科學實質應用於教育的極佳典範。

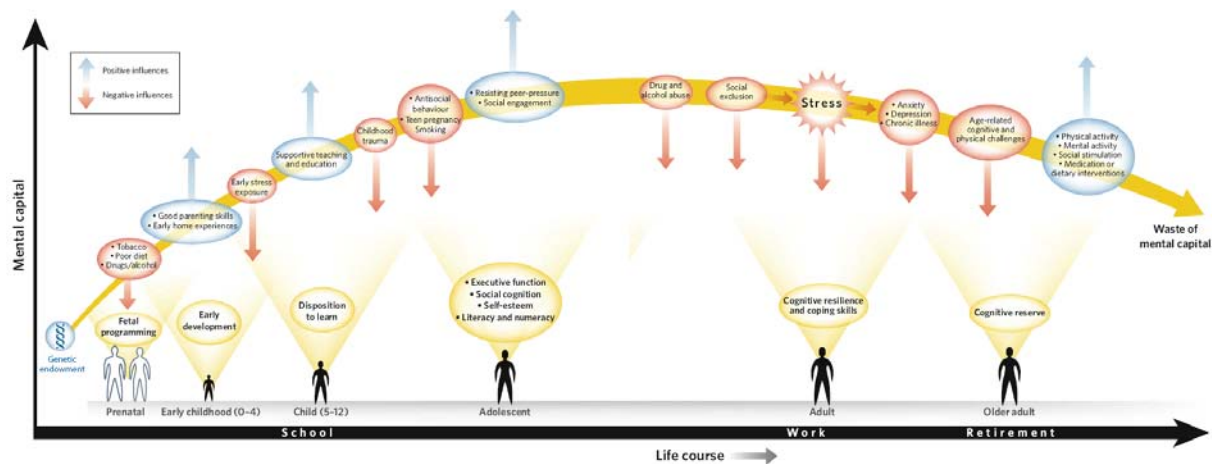


圖 9：心智國富論 (The Mental Wealth of Nations)

將認知神經科學研究往應用面發展，最具企圖心的也許是英國。英國的政府體制裡，設有 Government Office for Science<sup>1</sup> (GO-Science，科學公署)，其機構宗旨在於「確保政府的政策及決策有堅實的科學證據和長期的思維為基礎」。現任 GO-Science 的領導人是英國政府首席科學顧問 (Government Chief Scientific Advisor, GCSC) John Beddington 教授，他的角色可以直接向首相及內閣報告，並與政府各部門合作。GO-science 底下有兩個

<sup>1</sup> GO-Science 是英國政府革新、大學與技能部 (Department for Innovation, Universities and Skills, DIUS) 的下屬單位，此部會是 2007 年 6 月新創的—2009 年 6 月又合併到 商業、創新和技能部 (Department for Business, Innovation, and Skills)，這個部會負責成人教育、繼續教育、高等教育、技能，科學和技術和創新等議題。除此，它也負責一些非部會的公共機構 (NDPBs)，如醫學研究委員會、生物科技和生物科學研究委員、工程與物理科學研究委員會、藝術與人文研究委員會、、這個角色類似的台灣國科會。



主要計畫：一個是 Science in Government, 另一個則是前瞻未來(Foresight)。Goswami 參與的就是 Foresight 計畫。

Goswami 和同事 2008 在 Beddington 的領銜下，在 Nature 的出版了一篇名為「The mental wealth of nations」的特寫文章，文章篇名巧妙地嵌入「The wealth of nations」，此即 Adam Smith 1776 年的經濟學鉅著書名，中譯「國富論」。

英國向來有尊重理論的傳統；在工業方面，以牛頓的理論做基礎，瓦特突破了工匠的技術限制，引發了工業革命。工業產品大量生產之後，再來是市場的追尋，Smith 的自由經濟思想，成為大英帝國向外擴張的理論基礎，英人以武力逼迫世界各國開放通商口岸，因為根據國富論，英人相信自由貿易才可以促成（各國）人民的最大福祉。而 Beddington 和 Goswami 等人從神經科學提出的「心智國富論」，企圖成為政府政策決定的重要參考，以提昇每一個體的福祉及國家的財富，這種企圖心值得我們的重視。

在「心智國富論」一文中，他們圖示出從受精卵至老年的人類發展的軌跡，並根據認知神經科學的文獻回顧，主張在不同的時間點（孕期、幼兒、學齡、青少年、成年及老年），提供必要的介入。例如，遺傳學和腦造影技術近年來的進展神速，教育神經科學家可能在未來的 20 年內，在嬰幼兒期就找到長大後會有學習困難的個體。遺傳學的檢查將可提供兒童未來發生學習困難（包括學業、行為、情緒）的風險機率，認知神經科學已經發現，從嬰幼兒起，就可以找到某些生物或行為標記，預測孩子長大後可能展現的各種不同的學習困難。這些學術上的進展終究將使我們可以在嬰幼兒期就開始相關的環境介入，包括科技介入（例如，聾童的電子耳蝸植入）、改善撫育方式，感官介入（例如，增強語言中的聲學訊息；acoustic information in language), 新式的教育介入（例如，能促進自我調節技巧的環境，以科技提昇基礎閱讀及數字技巧的學習）以及促進認知能力的藥劑等。教育神經科學的進展讓我們可以在未來的 20 年內，對學習困難兒童的鑑定和介入方式，有更好的展望。學習有困難的個體約佔全人口的 10%，他們可能同時具有其它異常。例如，發展

性讀寫障礙兒童，他們的閱讀、數學、分心或語言的能力上，都是常模中最弱的。這些學習困難都有其大腦的生理致因，而且有家族遺傳的傾向。人數較少的學習困難(如自閉症光譜疾患)也是在某一能力連續軸向中的最末端。此外，有些人在社交認知上雖然只出現了一些可察覺的症狀，但未達臨床診斷標準的困難(例如，比較難以理解或預測別人的感受或意圖)，他們仍可能必須在心智資本上付出嚴重的代價。

有些心智的困難，出現的時間較晚，例如，反社會性行為、憂鬱症、精神疾患都是青春期之後才出現的；失智症則在老年才出現，罹患這些心智疾患，將使個人、家庭陷入極大的痛苦，社會也會付出極大的代價，如何讓神經科學的基礎研究與教育、醫療、社會福利政策結合，成了研究社群與政府決策的重大挑戰，但也是一個反敗為勝的契機。如果，真能解決可能影響 10%-50%人口的這些學習與心智困難，每一個人的心理福祉得以提昇，對社會的貢獻得以提昇，社福、醫療的支出得以降低，就是國家的財富了。

上述文章，是 Professor Usha Goswami 參與「前瞻未來」(Foresight)計畫之技術報告的縮減版。「前瞻未來」計畫由英國 Government Office for Science (GO-Science，類似台灣之國科會)所支持，其目的在於以科學、證據本位的方法探討世界變化的趨勢，讓英國政府得以進行長期的規畫。Foresight 值得台灣借鏡的是，它的計畫多由「不同領域和機構的專家」與「政策制定者」(policymakers)合作完成，以期能產出可信的、且具挑戰性的未來觀點([www.foresight.gov.uk](http://www.foresight.gov.uk))。Goswami 參與的則是其中「心智資本與福祉」(Mental capital and wellbeing)的計畫，闡述認知神經科學對於教育與國家社會福利，臨床等方面可能的貢獻，以及政府，民間，與學界如何共同促成這樣的整合，非常值得國內學者與政府部門借鏡。

## (二)對於國內認知神經科學發展的建議

### 1. 如何整合並促成跨領域研究

跨領域研習：神經科學跨人文與社會科學領域研究之不易，除了需要不同領域的研究者願意溝通、學習多種領域知識外，研究方法與技術的學習是另一項關卡。有鑑於此，國科會人文處與科教處，近年來開始大力推動認知神經科學知識的推廣與研究方法的訓練，例如：提供「腦與教育」研習營，將認知神經科學的知識傳遞給中小學教師；支持「認知神經科學跨領域研究人才培育案」，以期實質培育出具獨立研究神經科學跨人文社會領域相關議題能力的研究者。

增置相關設備儀器：為鼓勵神經科學跨人文與社會科學領域整合型研究計畫，政府也可以加強建置相關儀器，以提供人文社會學科研究者進行行為之神經機制的探討。目前，量測大腦腦電波與事件關聯電位(EEG/ERP)之腦電波儀以及眼動儀等儀器，全國大專院校許多人文社會學科系所皆已建置。但 MRI、MEG 等腦造影儀器，由於價格昂貴、維護運轉不易，非一般學校之財力與能力得以維持；同時，國內現有之 MRI 主要隸屬於醫院，而 MEG 則因數量稀少，致未能充分提供人文社會領域之研究所需。因此，國科會人文處今年五月提出「MRI、MEG 建置及共同服務計畫」計畫申請案，欲建置 MRI 與 MEG 各一部，提供全國人文社會領域之研究者使用，並成立支援團隊，協助人文社會領域之研究者進行神經科學相關研究。

組成小型、能密集溝通的團隊：科教處一開始組團就強調團員背景的異質性，這是極有見地的決策。跨領域溝通和對話的重要性，團員們亦透過這次參訪，有了親身的體驗。本次參訪，除了實地去瞭解在歐洲的教育神經科學與神經經濟學相關的前瞻性研究，實際上也促成來自不同領域的參訪團員之間的互動。在這個過程中，一開始，連要找到共通的語彙都有些困難，但逐漸的也透過更多的對話不同領域的進展有更深入的了解，並討論未



來合作的可能。例如，中研院做中文閱讀障礙研究的李佳穎、台中教育大學關心數學教育的楊志堅，及台東大學做大規模基礎能力補救教學的曾世杰，在研究興趣和學術背景上早就有合作的基礎，透過 10 天參訪過程中的密切接觸，對彼此的領域進展有更清楚的了解，未來跨領域合作的可能性就大為增加。希望在台灣，我們也能做得到真正的跨領域合作。

形成 critical mass：這次參訪的七個研究單位中，以英國倫敦大學「認知神經科學研究中心」(Institute of Cognitive Neuroscience, ICN)與 Wellcome Trust Centre for Neuroimaging 的合作與運作模式，最值得我們學習，拿台灣的現況與之比較，我們最不容易做到的，可能是整個研究團隊的規模。若沒有辦法形成 critical mass，其實很多的資源投資的效益，就不容易看見。

ICN 緊鄰著 Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, 也就是早期的 Functional Imaging Laboratory (FIL)。FIL 具有完整的腦造影設備，例如 fMRI、MEG 等，更重要的是，FIL 擁有完整的團隊，負責這些生醫影像及資料分析的應用程式發展，藉由研究工具軟硬體的優勢，他們更可以強化及加速落實所有具有啟發性及創造性的研究想法，以實徵證據來檢驗、修正、進而再創造合理可行的研究想法。所以，在具有強勢的造影資料分析工具及方法學發展團隊的奧援下，ICN 得以快速竄起、發展，幾乎多數的 ICN 主要研究人員(PI)也是 FIL 的團隊成員之一，兩邊形成生命共同體，一起相互支援，待初期的研究環境穩定，再進一步追求研究領域的精緻化，延續並創造兩邊的雙贏。

ICN 有超過 120 位的研究人員，根據研究領域可清楚區分具有不同研究目標的 16 個研究群：Action and Body Group, Attention Group, Attention and cognitive control group, Awareness Group, Cognitive Electrophysiology Group, Cognitive Neurology Group, Clinical Neurophysiology and Memory Group, Cognitive Neuropsychiatry, Developmental Group, Executive Functions Group, Motor Control Group, Numeracy and Literacy Group, Social

Perception Group, Space and Memory Group, Speech Communication Group, Visual Cognition Group。每個研究群包含有 3-8 不等人數的研究人員，而且 ICN 內部定期排有研討會 (seminar)，所以成員不僅有組內的討論對象，不同組別的成員也有對話的機會。這是一個很重要的機制，因為透過多方、詳盡地討論，可以刺激不同的想法，加上目前 ICN 有這麼多成員，涵蓋這許多不同領域，所能醞釀的可能性是無窮的，這也是成就 ICN 的重要因素之一。

FIL 之 MRI 及 MEG 實驗室的參訪給了我們很深刻的印象。不管是哪一種儀器，他們都配有專門的技術人員負責管理及操作，讓研究人員可以得到最大的協助，不用太擔心硬體上的協助資源不足，只要擁有基本的/基礎的硬體相關知識即可，可以花更大的心力於研究的創造上。這一點和台灣的很多研究環境不同，台灣的研究環境常常是不友善的。因此 FIL 的運作方式以及和 ICN 的研究合作方式，非常值得我們學習。

台灣認知神經科學研究人員人數已然有限，又被高等教育的現況將可作研究的學者分割在不同的學校，若無法形成 critical mass，政府的軟硬體的投資，將無法發揮較佳效益。長期來看，若能趁著少子化浪潮，高教規模萎縮之時，透過大學整併，重新規劃各大學的不同特色，將相關的研究社群加以整合，有地理上相近的優越性，有個定期溝通的機會、有討論的平台，應可衝擊、醞釀出更多的想法。若能以這些研究各個議題的認知神經科學研究人員為核心，逐漸加入或拓展其他人文社會科學領域研究人員或議題的討論，神經科學跨人文與社會科學領域的研究團隊即呼之欲出了。

## 2. 如何促成神經科學的應用研究

相對於學術研究，應用研究的跨領域可能更為複雜。以學習障礙的補救教學來說，神經科學基礎研究的功能主要在區辨出影響表現的認知成分，如聲韻覺識，但補救教學必須

長時、密集，教材及教具的設計必須有吸引力、教師的教學必須有效能、評量進展的測驗工具必須夠敏感，這些是僅止於「教學層面」必須考慮的事項。而在臨床及應用上，學習障礙學生異質性甚大、共病性多、教學資源需求高、和低成就學生之區辨困難，這些特質都造成教學服務的品質、遞送、及行政績效責任的重重困難。要有好的學障補救教學，除了認知神經科學家，教學專家、師資培育專家、教材出版商、醫療服務單位和政策決策者都必須通力合作。前段提到，英國的 Foresight 計畫，值得台灣借鏡的是，它的計畫由「不同領域和機構的專家」與「政策制定者」(policymakers)合作完成，以期能產出可信的、且具挑戰性的未來觀點([www.foresight.gov.uk](http://www.foresight.gov.uk))，這樣的合作，是台灣較少見到的。

在學術研究上，國科會已經提供了一些資源、扮過一些研習，促成了許多教師、教育及人文科學研究者來認識神經科學，許多科普譯書也有類似的功能。但在應用研究上，國科會反而應該倒過來，提供研習、甚至臨床見習的機會，請認知及神經科學的研究者進到現場，了解教師、做教學研究的學者、心理及行為治療者、社福政策的決定者面臨的工作難題。像 Goswami 和 Bradely 及 Bryant 兩位做「聲韻教學」研究的傑出研究者合作，Butterworth 一直和數學學障的專家合作，在基礎研究和應用研究間穿梭，經年累月之後，終有所成。Butterworth 的成就及對兒童教育的關懷，尤其讓我們感動。

簡單的說，要讓神經科學研究的成果應用在教育、醫療或社福政策上，我們建議國科會要提供機會，拉近基礎研究學者與應用場域間的距離。也許中文閱讀障礙的補救教學是一個基礎不錯、最有希望讓台灣盡到國際學術分工責任的領域，其它領域如數學學障、注意力缺陷過動、自閉症光譜、憂鬱症及老人失智當然也可以，可是其他國家研究團隊的規模及現有的基礎，也許是我們無法企及的了。

### (三)國際合作與交流之具體成果

經過本次參訪，各個參訪單位都表達了歡迎雙方教授、研究人員、研究生後續的交流與互訪。其中，更有形成一些實質的研究合作計畫與可以立即規劃的交流活動，包括了與 Professor Usha Goswami、Professor Stanislas Dehaene 的研究合作，以及 Professor Brian Butterworth 的來台訪問規劃。

Professor Usha Goswami 的研究以探討語音知覺與閱讀發展的關係著稱。早年提出 phonological grain size theory，從跨語言的研究中，找到學齡前的語音知覺與語音表徵的建立，以及在學習閱讀的過程中，如何建立語音表徵與字型表徵之對應關係，是整個閱讀習得的核心。不同語言及其文字系統因其形音對應的一致程度不一，因為在獲得個對應關係的語音表徵單位大小，以及何時能掌握形音對應關係，雖有差異，但這個架構可用來解釋各語言的閱讀習得歷程。Professor Usha Goswami 早年的證據，主要建立在行為的研究上，例如語音區辨，音韻覺識，跨語言的形音對應一致性與發展的關連，字形的鄰項大小如何影響形音對應之掌握等。而近年來，則進一步使用 ERP 與 fMRI 等技術，探討這些現象的神經機制。例如，rise time 在語音知覺中的角色，閱讀障礙與一般孩童對 rise time 覺知能力的差異，以及利用 MMN (mismatch negativity) 反應這項能力的可能性，並追蹤這項指標的在不同年齡的發展趨勢。這系列研究與訪問成員李佳穎目前執行中的研究，包括利用 ERP 與 MMN 探討中文的形音對應一致性，閱讀障礙與一般孩童以及嬰幼兒，學齡前兒童(4-6 歲)對中文聲調，子音，母音之區辨能力的發展變化，有異曲同工之妙。

Professor Usha Goswami 的一位台灣學生，Sharon Wang，在我們返國之後，立即申請成為中研院語言所之訪問學員，自 2009 年 10 月起在中研院語言所的大腦與語言實驗室訪問半年的時間，預定就雙方進行中的中文閱讀障礙在 rise time 的行為區辨以及其他語音單位的腦波研究進行一些關連研究，為此次參訪立即的訪問成果。

Professor Stanislas Dehaene 在數學議題的探討上，設計多種和數字有關的作業，以 fMRI 檢視大腦活化區域，提出一個包含非語文數字、語文數字與空間關係的神經網路系統，說明數字處理之神經機制。其研究涵蓋大人與兒童，認為由數字感知到數學直覺 (arithmetic intuition) 的發展是天生的、全球皆然的，因而有進行跨文化的研究。他希望我們能參與收集台灣的資料，未來郭文瑞將與其進行相關的合作。Professor Stanislas Dehaene 預計 2010 年 1 月會來台參加一個閱讀障礙的研討會(The Dyslexia Foundation: Extraordinary Brain Symposium)，屆時還會有更詳細的討論。

Professor Brian Butterworth 有關數學教育與神經科學的研究，由 fMRI、算術障礙的病人(dyscalculia)、rTMS 以及基因研究，探討數學學習的腦神經機制；並進一步由其研究，發展了診斷算術障礙兒童的作業(dyscalculia screener)，以及給予協助的方法(dyscalculia guidance)，並持續檢視其有效性。其進行之有關 numeracy 的基礎與神經生理研究，已經與教育緊密結合，展現了神經科學實質應用於教育的極佳典範，非常值得我們學習。Professor Brian Butterworth 表達了極高來台訪問的意願，願意提供其心得與建議，並發展跨文化之合作研究。顏乃欣目前欲規劃其日後來台訪問之行程，並期待他和台灣學者日後之進一步的合作發展。

事實上，本次參訪帶給每位團員不同層次的收穫，無論是教育神經科學與神經經濟學前瞻性研究之議題與理念，與相關領域重量級學者的互動，各研究中心或研究團隊的運作，各實驗的設計與規劃方式，團員間的互動等，都在在讓每一位成員有非常大的收穫。然而，若要有具體的研究合作，除了要雙方有類似的研究議題外，若有研究生居中進行實質的資料收集與聯絡，將會對落實合作研究有極大的幫助。